

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 15420131152048

UDC \_\_\_\_\_

厦门大学

硕 士 学 位 论 文

# 多元时间序列变点检测的贝叶斯方法

Bayesian Analysis of Change-point Detection in Multivariate  
Time Series

秦 超

指导教师 (校内): 李木易副教授

指导教师 (校外): 利锦光高级经济师

专 业 名 称: 应 用 统 计

论文提交日期: 2016 年 2 月 29 日

论文答辩时间: 2016 年 4 月 27 日

学位授予日期: 2016 年 月 日

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2016 年 5 月

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

- (        ) 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。
- (        ) 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘要

时间序列结构突变检测问题是近年来的热点之一。Harlé et al.(2014)提出了一种检验多元时间序列变点的贝叶斯方法。该方法用向量  $R$  刻画序列中每一点处变点发生的情况,通过曼-惠特尼检验计算序列每一点处的  $p$  值,并由这些  $p$  值构造替代的似然函数。最后,根据替代的似然函数以及吉布斯抽样得到对向量  $R$  的估计。该方法不要求变点个数事先给定,而是将其作为模型中的变量进行估计。

本文阐述了该方法的理论,并使用该方法对由人民币名义有效汇率同比增长率、美元名义有效汇率同比增长率、欧元名义有效汇率同比增长率以及日元名义有效汇率同比增长率这四条序列组成的多元时间序列进行变点检测。由变点类型及其位置进行分析,发现在 2005 年人民币汇率改制之后,人民币和欧元名义有效汇率同比增长率序列中同时被检测到的变点占人民币名义有效汇率同比增长率序列中总变点数的比例有显著的增加,人民币与美元名义有效汇率同比增长率序列中变点发生情况与汇改之前并没有显著的差异。

**关键词:** 贝叶斯推断; 结构突变; 名义有效汇率

厦门大学博硕士论文摘要库



## Abstract

The issue of detecting structural changes in multivariate time series is one of the hotspots in recent years. Harlé et al. (2014) proposed a Bayesian method to detect structural changes in multivariate time series. In this method a vector  $R$  is introduced to depict the change points.  $p$  values are calculated at each point sequence via Mann Whitney test. Then an alternative likelihood function is constructed by these  $p$  values. Finally, according to the alternative likelihood function and Gibbs sampling we can obtain the estimation of the vector  $R$ . In this method, the number of structural changes is not a given constant but a variable to be estimated.

This paper describes the theory of this method. Using this method we detected structural changes in the multivariate time series consists of Year growth rate of RMB nominal effective exchange rate, Year growth rate of the US dollar nominal effective exchange rate, Year growth rate of the euro nominal effective exchange rate and Year growth rate of the Japanese Yen nominal effective exchange rate. Analysis found that after the RMB exchange rate reform in 2005 more change points of the RMB and the euro nominal effective exchange rate yoy sequences are detected simultaneously, but the statement of change points detected in the RMB and the US dollar nominal effective exchange rate yoy has no significant difference compared with the statement before the reform.

**Key words:** Bayesian inference; structural change; nominal effective exchange rate

厦门大学博硕士论文摘要库

# 目 录

第一章 引言	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 研究现状	2
1.2.1 经典方法文献综述	2
1.2.2 贝叶斯方法文献综述	3
1.3 本文工作	7
1.4 研究框架	8
第二章 贝叶斯模型	9
2.1 变点模型	9
2.2 伯努利检测模型	9
2.2.1 复合边际似然函数	9
2.2.2 曼-惠特尼秩和检验	11
2.2.3 先验分布	12
2.2.4 后验分布	13
2.2.5 最大后验概率	14
2.3 多元时间序列变点检测	16
2.3.1 多元时间序列变点模型	16
2.3.2 先验分布	17
2.3.3 后验分布	17
2.3.4 最大后验概率	18
2.4 模拟实验	19
2.4.1 单序列多变点模拟结果	21
2.4.2 多序列多变点模拟结果	26
第三章 实证研究	31
3.1 汇率的相关概念	31
3.2 数据描述	31
3.3 检测结果及分析	32
第四章 总结	40

参考文献.....	42
-----------	----

致 谢.....	45
----------	----

厦门大学博士论文摘要库

# Contents

<b>Chapter 1</b>	<b>Intorduction</b>	<b>1</b>
1.1	Background	1
1.2	Literature Review	2
1.2.1	Literature Review of Classical Methods	2
1.2.2	Literature Review of Bayesian Methods	3
1.4	Attempts by the paper	7
1.3	Research Frame work	8
<b>Chapter 2</b>	<b>The Bayesian method</b>	<b>9</b>
2.1	Structural change model	9
2.2	Bernoulli detector model	9
2.2.1	Composite marginal likelihood	9
2.2.2	Mann-Whitney rank sum test	11
2.2.3	Prior on indicators	12
2.2.4	Posterior distribution	13
2.2.5	Maximum A Posteriori	14
2.3	Detection of structural change in mulivariate time series	16
2.3.1	The model of structural change in mulivariate time series	16
2.3.2	Prior on indicators	17
2.3.3	Posterior distribution	17
2.3.4	Maximum A Posteriori	18
2.4	Simulations	19
2.4.1	Simulations results of univariate time series	21
2.4.2	Simulations results of multivariate time series	26
<b>Chapte 3</b>	<b>Empirical Analysis</b>	<b>31</b>
3.1	The concept of the exchange rate	31
3.2	Data	31
3.3	Testing result and analysis	32
<b>Chapter 4</b>	<b>Conclusions</b>	<b>40</b>

<b>Reference</b> .....	42
------------------------	----

<b>Acknowledgement</b> .....	45
------------------------------	----

厦门大学博硕士论文摘要库

## 第一章 引言

### 1.1 研究背景及意义

结构突变模型是指由于政策变化、技术进步、环境改变等外生因素的影响，模型的参数在某些时刻发生改变。模型参数变化的时刻称为结构变点（change-point）。

结构突变问题最早是由 Page (1954) 提出。其对结构突变的描述为：存在这样一种可能性，一条有序的数据（ordered data）可以分为多个子序列，每个子序列都是独立的随机样本，这些样本有相同的分布但是每个子序列中分布的参数不同。从理论上开始考虑到序列生成机制发生变化的情况下如何进行参数估计的问题。Page (1955) 将上述的结构突变问题模型化，模型假设有一列独立的观测值，存在一个位置未知的变点。变点发生前后观测值的分布相同，但是模型中的参数不同。在发生变点前分布中参数已知和未知两种情况下，文章分别讨论了如何估计变点发生的位置。从现实角度来看，人们通常会认为经济、政治上发生的大事件以及金融机构、制度的变化会引起市场结构的变化，从而造成时间序列结构发生变化。由此一来，传统时间序列中的平稳性假设就显得不再合适，特别是在时间跨度较大时，序列中发生结构突变的可能性就会更大，若没有考虑可能发生的结构变化会造成模型选择错误、拟合误差较大、预测能力较低等问题。

近年来，基于结构突变的估计、推断和预测是计量经济学界的热点问题之一，吸引着很多的学者投身于这一领域。在选择使用结构突变模型对时间序列进行分析时，研究的重点是：如何确定结构变点的个数；如何确定结构变点的位置以及如何在假设未来存在结构变点时进行预测。现有的大部分方法都在假设变点的个数已知的情况下，估计变点位置。最后再将结构变点个数的确定问题视为模型选择问题，通过贝叶斯因子等方式解决这一问题。而一个理想的结构突变模型应该将突变点次数作为模型中变量进行估计，而不是假设在变点个数假设已知的条件下构建模型最后再通过模型选择确定变点个数。并且在大多数结构变点检测的方法中，模型假设时间序列的每一段都是正态分布的。此外，先验分布的选择会对贝叶斯方法的准确性有较大的影响，当正态性假设与实际不符时很多方法难以保

证其结构的准确性。进行结构变点检测并确定其位置最终的目的是为了进行预测,并由将预测结果做出正确的决策。在准确估计变点位置之后,更高的要求是希望能够预测出未来结构变点的出现。

对变点问题的研究方法分为经典方法和贝叶斯方法。经典方法主要通过构造假设检验统计量,根据渐近理论进行结构突变的检验。近年来,随着计算机模拟技术的提高,结构突变研究的贝叶斯方法得到了越来越多学者的关注。贝叶斯方法研究结构突变的基本思路:(1)建立变点模型;(2)为模型中参数选取先验分布;(3)计算各参数的后验概率密度;(4)运用马尔科夫链蒙特卡洛(MCMC)算法模拟参数的后验分布;(5)由抽样结果得出变点后验分布的估计。贝叶斯方法的优势:(1)贝叶斯方法的理论和应用基于有限样本;(2)贝叶斯方法可以得到每个时间发生突变的后验概率,能够对结构突变的发生给予更深刻的认识;(3)马尔科夫链蒙特卡洛(MCMC)算法使得贝叶斯结构突变模型能够容易得到实现。(4)运用贝叶斯方法进行未来结构突变的预测有其优越性:贝叶斯方法可以通过潜变量描述突变的发生,同样的也可以用潜变量预测未来的结构突变;贝叶斯由潜变量的后验分布以及模型中参数的后验分布对结构突变的出现进行模拟,这些后验分布中包含着样本中的信息。

## 1.2 研究现状

### 1.2.1 经典方法文献综述

Inclan and Tiao(1994)提出 ICSS(Iterated Cumulative Sums of Squares algorithm)算法,研究方差多变点问题。

Davis et al.(2006)提出了二分迭代法。这种方法的主要思路是:先从全部数据中找到一个变点,然后依据变点位置把数据分成前后两段。再在这两段数据中分别寻找变点,然后再用新找到的变点分段。反复采用二分法分割,直到找不到变点为止。通过二分迭代法,可以将单序列单变点的变点检测方法扩展为单序列多变点的检测方法。Lavielle and Teyssiere (2006)考虑了多元时间序列的多变点检测问题。文章假设协方差结构在一些的未知变点处发生突变,构造了对比度函数,



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.